

"Optimización de la eficiencia del procedimiento de selección para la contratación de obras basado en Técnicas de Inteligencia Artificial "¹

Reiner Solís Villanueva

Resumen

El presente artículo propone el diseño de un modelo que proporciona una arquitectura genérica que actúe en forma autónoma en los procedimientos de selección en la contratación de obras, generando un criterio de decisión automática de selección. Para el procedimiento de selección se propone la elección del postor mediante un índice de cumplimiento pronosticado de acuerdo al comportamiento de las empresas en la ejecución de proyectos de infraestructura similares, donde se genera un modelo que realiza la predicción de la probabilidad de éxito o fracaso del postor de ejecutar el proyecto antes de iniciarlo, usando para tal fin las redes neuronales artificiales como herramienta de análisis. Para el procedimiento de selección en caso de empate, se propone la elección del postor mediante un sorteo electrónico basado en un sistema de aleatoriedad controlada de encriptación y transformación.

En el presente documento se revisan las características comunes de las redes neuronales artificiales.

Palabra clave: Redes neuronales artificiales, toma de decisiones, riesgo.

1. Introducción

En la actualidad surge la visión de generar procesos innovadores en la gestión de compras. Esta orientación va de acorde con el nuevo enfoque que impone alinearse con la tendencia mundial de las contrataciones públicas y privadas, dejando atrás la gestión centrada en procedimientos legalistas y burocráticos, para concentrarse en la obtención de resultados, donde la innovación tecnológica genere entornos inteligentes, mediante las técnicas de inteligencia artificial y que junto a un marco legal adecuado ayude a la gestión de las instituciones públicas en el cumplimiento de sus objetivos, procurando un servicio oportuno y transparente.

El presente artículo contribuye a esta visión y propone una arquitectura genérica que actúe en

¹ Este artículo deriva del proyecto de investigación “ **Modelo de gestión de las compras públicas en proyectos de infraestructura, basado en técnicas de inteligencia artificial para optimizar la eficiencia del sistema de contrataciones de obras en el Estado Peruano**, del Instituto de Investigación científica de la Universidad de Lima. Participo como practicante el alumno Gonzalo Diaz.

forma autónoma en los procedimientos de selección de contratación de obras de infraestructura, generando un criterio de decisión automática. Asimismo se propone la integración de información para el procedimiento de selección mediante una base de datos centralizada para facilitar el registro y selección de tal forma que el procedimiento de selección de empresas se haga de manera automática. En caso de empate, se propone la elección del postor mediante un sorteo electrónico basado en un sistema de aleatoriedad controlada basada en el método aleatorio SHA512 de encriptación y la transformación del HASH. Para el proceso de selección del postor, se propone la elección mediante un índice de eficiencia pronosticado por un sistema de acuerdo al comportamiento de la empresas en la ejecución de proyectos de infraestructura similares, donde se genera un modelo que realiza la predicción de la probabilidad de éxito o fracaso del postor de ejecutar el proyecto antes de iniciarlo, lo cual representa el pronóstico del índice de eficiencia de cada uno de los postores que participan en proceso de selección del proyecto, el cual servirá para realizar un desempate en caso algunos postores iguallen en el puntaje final, también pronostica el índice de eficiencia del postor ganador respecto a su probabilidad de éxito o fracaso del proyecto, realizando un replanteo de las mismas, comparando los datos históricos con el comportamiento del postor respecto de los riesgos identificados en el proceso de negocio, usando para tal fin las redes neuronales artificiales como herramienta de análisis. En el presente documento se revisan las características comunes de las redes neuronales artificiales.

2. Fundamentos teóricos

2.1 Selección aleatoria y verificación con el método de encriptación SHA256

El algoritmo propuesto es una variante del Provably Fair implementado y explicado por bitzino.com en forma de un sistema para poder procesar una bajada de cartas de manera transparente. Modelo del cual se diversifican muchas variantes que actualmente se usan en casinos virtuales. En especial los que usan cryptomonedas como dinero. (Cryptomonedas: Bitcoin, LiteCoin, LottoCoin, DogeCoin, etc). En el White paper presentado en el techblog de bitzino explicando el provably fair que usan en su casino, si bien no fue el primer uso de un algoritmo de esta naturaleza, fue el pionero presentando la elaboración del sistema de forma transparente. Este algoritmo de Provably fair se basa en la participación tanto del cliente como del servidor para generar una cadena encriptada única y representativa del resultado la cual el cliente podría ver desde antes de confirmar su participación en el sistema. De esta forma, el cliente podría verificar el resultado obtenido y los parámetros que este ingreso con la cadena que recibió desde el principio para saber que los datos no fueron manipulados y fue un proceso

100% justo. Por la naturaleza de apuestas, los casinos que optan por usar este sistema agregan una cadena especial secreta que solo es revelada luego de la confirmación del usuario en el sistema, ya que algún usuario podría tratar de hacer una ingeniería reversa del proceso y evaluar su apuesta antes de realizarla.

La variación que se propone en este documento no utiliza una cadena secreta ya que no es necesario. Los datos para ser usados en la evaluación de desempate de los postores, solamente se modifica con la participación de estos. Por eso, es posible presentar toda la información de la evaluación automática durante todo momento y ser 100% transparentes con los usuarios.

El método de encriptación propuesto es el SHA256, que genera cadenas de 256 bits las cuales permiten que las colisiones entre evaluaciones sean virtualmente imposibles. (La probabilidad de colisión es de $1/(2^{256})$). La encriptación SHA 256 pertenece al algoritmo de encriptación SHA 2. Es un Algoritmo de encriptación para la verificación de datos y es destructivo, lo que significa que no se puede reconstruir la data a partir del hash outcome del SHA 2 (no se puede reconstruir pero si se puede identificar). En el algoritmo el mensaje se divide en segmentos de tamaño constante y cada segmento se somete a una serie de operaciones lógicas cuyos resultados se concatenan y forman el "hash" verificador. Este algoritmo de encriptación fue patentado por la NSA de estados unidos y tiene una declaración de licencia royalty free.

<http://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?CC=US&NR=6829355&KC=&FT=E&locale=en_EP>

<<https://datatracker.ietf.org/ipr/858/>>

Algoritmo

$$\text{Ch}(X, Y, Z) = (X \wedge Y) \oplus (X' \wedge Z),$$

$$\text{Ma}(X, Y, Z) = (X \wedge Y) \oplus (X \wedge Z) \oplus (Y \wedge Z),$$

$$\Sigma_0(X) = \text{RotR}(X,2) \oplus \text{RotR}(X,13) \oplus \text{RotR}(X,22),$$

$$\Sigma_1(X) = \text{RotR}(X,6) \oplus \text{RotR}(X,11) \oplus \text{RotR}(X,25),$$

$$\sigma_0(X) = \text{RotR}(X,7) \oplus \text{RotR}(X,18) \oplus \text{ShR}(X,3),$$

$$\sigma_1(X) = \text{RotR}(X,17) \oplus \text{RotR}(X,19) \oplus \text{ShR}(X,10)$$

\wedge == AND

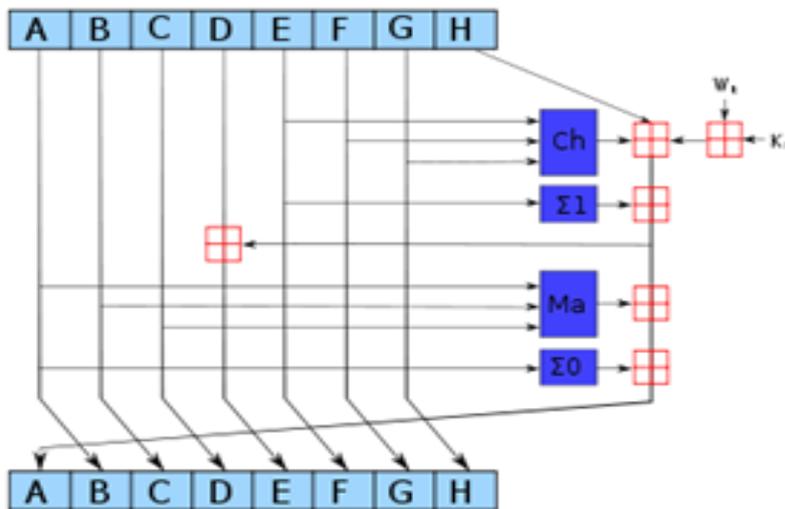
\oplus == XOR

\vee == OR

RotR == Desplazamiento circular de bits a la derecha

ShR == Desplazamiento de bits a la derecha

' == Complemento



Este se aplica en 64 segmentos de 32 bits pertenecientes a la cadena a encriptar y luego se vuelven a juntar los segmentos una vez encriptados para formar el hash representativo de esta. Este es una encriptación destructiva representativa por lo que no se toman absolutamente todos los segmentos de entrada, sino, se seleccionan los primeros 16 y el resto se juntan sumándolos con el siguiente patrón (Donde W_i es el segmento i):

$$W_i = \sigma_1(W_{i-2}) + W_{i-7} + \sigma_0(W_{i-15}) + W_{i-16}, 17 \leq i \leq 64.$$

Luego de la separación en segmentos se aplica el algoritmo en 64 rondas para luego ser concatenados de vuelta y formar el hash representativo.

SHA256: <<http://www-ma2.upc.es/~cripto/Q2-06-07/SHA256english.pdf>>

Es un método de encriptación estandarizado por lo que existe su implementación muchos lenguajes de programación, por lo que no es necesario volver a programar el algoritmo. La información no es posible des encriptar ya que existe perdida de información; Sin embargo es 100% confiable para la verificación de datos. Requiere una computación mediana, por lo que puede aumentar el requerimiento de recursos para una implementación a gran escala.

2.2 Redes neuronales artificiales

Las Redes Neuronales Artificiales forman parte de un conjunto de metodologías que se usan como soporte de trabajo de las organizaciones inteligentes y que actualmente tienen la denominación de *análisis avanzado*. Las redes neuronales artificiales no son programadas,

aprenden a partir de ejemplos. Normalmente a una red neuronal artificial le presentamos una serie de patrones ejemplos a través de los cuales ellas deben aprender. Debido a que el aprendizaje es por ejemplos, las redes neuronales artificiales tienen un gran potencial para crear sistemas de computación que no necesitan ser programados. Esto supone un enfoque radicalmente distinto a los clásicos sistemas de software de desarrollo. En los programas de cómputo cada paso que el computador ejecuta debe ser anteriormente especificado por el programador, un solo proceso absorbe tiempo y recursos. Las redes neuronales comienzan con ejemplos de entradas y salidas y aprenden a producir la salida correcta para cada entrada. El enfoque de las redes neuronales consiste en que no requieren identificación de características, ni el desarrollo de algoritmos y programas para la resolución de problemas particulares. Sin embargo presentan dos desventajas: el tiempo de aprendizaje de la red no puede ser conocido a priori, y el diseño de una red por prueba y error puede ser muy compleja. Esto quiere decir que mientras la red no haya concluido su proceso de aprendizaje no puede ser descartada (Isasi y Galvan, 2004).

Actualmente existen variados modelos de redes neuronales artificiales que son usados en diversos campos de aplicación, destacando los modelos de Michie, Spiegelhalter y Taylor (1994) que es considerado como el estudio comparativo más completo entre redes neuronales artificiales y modelos estadísticos orientado a la clasificación (Sarle, 2002), el modelo de la red de propagación hacia atrás (Rumelhart, Hinton y Williams, 1986) y los mapas auto organizados de Kohonen (1982). Estas estructuras pueden ser utilizadas en la clasificación y predicción del comportamiento de sistemas no lineales con información borrosa o incompleta como es el caso del proceso de toma de decisiones.

3. Realidad Problemática

3.1 Definición del problema

Uno de los problema principales que enfrenta una empresa pública o privada, al realizar una compras en lo que respecta a la contratación del proveedor para la ejecución de una obra de infraestructura es tener un sistema de selección del proveedor de manera eficiente (buena pro) que garantice la transparencia, disminuya la dilación del proceso por la interposición de recursos de apelación a la buena pro, permita un aumento de la cantidad de proveedores y que el sistema permita la selección del mejor postor, a fin de evitar riesgos futuros durante la ejecución de la obra.

Tanto la empresa privada, como los estados contratantes, establecen estructuras, disposiciones generales, procesos de selección, bases y procedimientos de los procesos de selección para elegir a su mejor proveedor.

Si bien los distintos reglamentos de contrataciones promulgados por las Entidades Públicas y privadas podría establecer una normalización para la determinación del tipo de proceso, las etapas del proceso, los requisitos de calificación y los factores de evaluación del proceso, debe tenerse en cuenta que algunos parámetros de los requisitos de calificación como equipamiento estratégico, formación académica, experiencia del postor en obras similares y generales, están sujetos al criterio técnico de cada empresa, quien debe procurar no requerir características, años de antigüedad y demás condiciones que no se hayan previsto en el expediente técnico o que constituyan exigencias desproporcionadas, irrazonables o innecesarias.

En otros casos observamos pues que la aplicación del sorteo como medio de desempate no asegura la elección del postor más idóneo para la ejecución de la prestación y de otro lado la realización del “sorteo” no contiene un procedimiento específico que asegure su transparencia toda vez que no expresa un procedimiento que pueda implementarse en un sistema autónomo de manera que el proceso se realice en forma virtual y verificable sin requerir la presencia de las partes.

En los procesos de selección de envergadura de obra (proceso con un valor referencial alto, mayor a 1'800,000.00 nuevos soles en el caso Peruano) existe latente el riesgo de elegir al mejor postor, a fin evitar riesgos durante la ejecución de las obras, ya sea porque existe un empate, en el cual el sorteo en acto público no asegura que la buena pro la obtenga el postor más conveniente para los intereses del estado, siendo una incertidumbre el porcentaje de éxito de la ejecución del proyecto a futuro. Esto sumado a que la legislación actual no está adecuada para que este tipo de proceso pueda realizarse en forma automática, donde la buena pro se otorgue mediante un proceso virtual, en las que las variables entre las empresas hayan sido reducidas a factores de diferenciación normalizados para otorgar la buena pro.

Es conveniente tener en cuenta que el riesgo es la probabilidad de tener éxito o fracaso, cuando se toma la decisión de llevar a cabo un proyecto (Del Carpio Gallegos, Javier y Roberto Eyzaguirre Tejada, 2007), por tal motivo se hace necesario realizar una evaluación del riesgo que asume una Entidad del Estado cuando califica a los postores que concursan por adjudicarse la Buena Pro de un proceso, en cuanto la probabilidad que se seleccionó al postor con mayor probabilidad de cumplimiento (éxito) en la ejecución del proyecto convocado y tomar las acciones adecuadas para salvaguardar los intereses del Estado.

El problema principal que enfrenta una empresa pública o privada es poder calcular con el mínimo error posible cuál de los postores –empresas contratistas- que concursan por la Buena Pro tiene mayor probabilidad de tener éxito en la ejecución del proyecto convocado por la Entidad, sobre todo en caso de empate, y tenga que dilucidarse el otorgamiento de la Buena Pro mediante un sorteo. Asimismo es conveniente tener presente la probabilidad de éxito que tiene la empresa contratista ganadora de la Buena Pro antes de iniciar el proyecto, a fin de que la Entidad pueda tomar decisiones con los resultados obtenidos.

Sin embargo, es posible que la Entidad realice un cálculo objetivo y estime la probabilidad de éxito de cada postor en la ejecución del proyecto al cual concursan en base a una evaluación de variables mediante la comparación de valores umbrales con proyectos similares ejecutados, calificando el proyecto antes de ser iniciado como éxito o fracaso. No obstante, el problema que puede ocurrir es que los valores umbrales considerados pueden contener demasiada incertidumbre para definir el umbral de comparación, ya que simplemente se basa en una media ponderada de la exposición al riesgo de los datos históricos de la empresa, o en algunos casos el problema que puede ocurrir es que la empresa adopte valores teóricos de comparación (por ejemplo valores pertenecientes a otras organizaciones), a fin de predecir el éxito o fracaso de un proyecto. En ambos casos el proceso de estimación del riesgo contiene demasiada incertidumbre y no es confiable.

Para revertir la situación planteada a continuación se plantean las siguientes interrogantes:

¿Es posible que en el procedimiento de selección Adjudicación simplificada se pueda generar un criterio de decisión automática en caso de empate y que pueda tramitarse enteramente en forma virtual?

¿Es posible que en el procedimiento de selección Licitación Pública (LP), en caso de empate, pueda elegirse al postor mediante un índice de cumplimiento pronosticado de acuerdo al comportamiento de la empresa en la ejecución de proyectos de infraestructura similares?

¿Es posible que en el procedimiento de selección Licitación Pública (LP), que este índice de cumplimiento pronostique el grado de su probabilidad de éxito o fracaso de la obra a ejecutar?

¿Es posible predecir de manera confiable la probabilidad de cumplimiento que tiene una empresa contratista en la ejecución de un proyecto de infraestructura antes de ser iniciado?

¿Es posible construir un modelo basado en técnicas de inteligencia artificial que pueda

calcular la probabilidad de cumplimiento (éxito o fracaso) de una empresa en la ejecución de un proyecto de infraestructura convocado por una Entidad del Estado?

4. Estrategia de solución

Se propone el diseño de un modelo referido a proyectos de ejecución de obras de infraestructura a fin de proporcionar una arquitectura genérica que actúe en forma autónoma para el procedimiento de selección, de modo que la elección del postor se realice mediante un índice de eficiencia pronosticado por un sistema de acuerdo al comportamiento de las empresas en la ejecución de proyectos de infraestructura similares, donde se genera un modelo que realiza la predicción de la probabilidad de éxito o fracaso del postor de ejecutar el proyecto antes de iniciarlo, lo cual representa el pronóstico del índice de eficiencia de cada uno de los postores que participan en el procedimiento de selección para la contratación de la obra, que también pronostica el índice de eficiencia del postor ganador de la Buena Pro respecto a su probabilidad de éxito o fracaso del proyecto, realizando un replanteo de las mismas, comparando los datos históricos con el comportamiento del postor respecto de los riesgos identificados en el proceso de negocio, usando para tal fin las redes neuronales artificiales como herramienta de análisis. Este procedimiento, aparte de poder tramitarse enteramente en forma virtual pueda generar un criterio de decisión automática en caso de empate, en el que la elección del postor mediante un sorteo electrónico basado en un sistema de aleatoriedad controlada basada en el método aleatorio SHA512 de encriptación y la transformación del HASH

Se propone la Integración de información para concursos públicos. Base de Datos centralizada para facilitar el Registro y selección. Se propone implementar un sistema que use una base de datos centralizada con la información de las experiencias del personal profesional clave, formación académica, experiencia del postor en obras similares y generales de tal forma que el proceso de selección de empresas se haga de manera automática usando sistemas autónomos que operen con una base de datos. La Figura 1 muestra un resumen de nuestra propuesta.

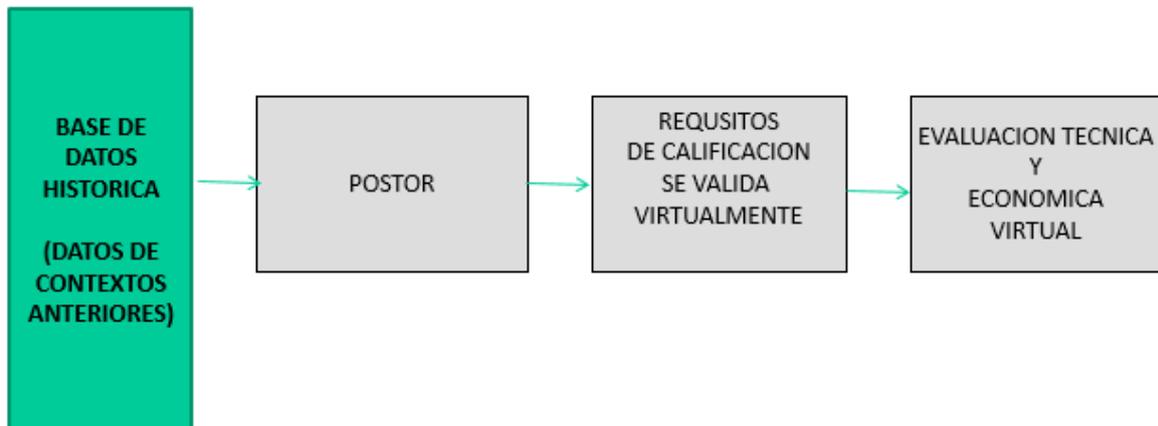


Fig. 1 Propuesta respecto a validación virtual requisitos de calificación.

5. Metodología de solución

5.1 Elección del postor ganador

Un proceso más confiable, es la selección del postor mediante un índice de cumplimiento pronosticado por un sistema de acuerdo al comportamiento de las empresas en la ejecución de proyectos de infraestructura similares. Nuestra propuesta consiste en establecer un modelo que utilice los datos históricos de proyectos similares ejecutados por la empresa, buscando identificar los factores de riesgo que afecten las variables de éxito (Salvatore y Basili, 2007) del proyecto. El modelo propuesto usa como herramienta de análisis las redes neuronales artificiales, afín que pueda determinar los umbrales de comparación de éxito o fracaso de un proyecto antes de ser iniciado.

El modelo propuesto será construido en base a los datos históricos de proyectos similares ejecutados por cada empresa postora, usando como herramienta las redes neuronales artificiales y tendrá como salida o variable de evaluación estimada el indicador del objetivo del proyecto (efectividad, eficiencia y calidad) y cálculo del riesgo en términos de la probabilidad de éxito o fracaso del proyecto antes de ser iniciado, a lo que llamaremos el índice de cumplimiento de cada postor. Esta medida estimada del riesgo, debe definir las estrategias y planes de monitoreo o mitigación de riesgos que podría emplear la Entidad con los resultados obtenidos respecto de los postores y eventualmente del postor ganador.

La evaluación del riesgo constituye la información primaria para el proceso decisorio, por lo tanto nos encontramos con el problema de averiguar en qué medida los riesgos pueden repercutir en los objetivos del proyecto. Por ejemplo, si los riesgos impactan demasiado sobre

el proyecto, debemos obtener baja probabilidad de éxito. Sin embargo debemos tener en cuenta para los resultados, la base o umbral de comparación que arroja el modelo. Por ejemplo, supóngase como objetivo del proyecto la efectividad que se mide en el índice de cumplimiento (resultados alcanzados sobre resultados planificados) a fin de definir el éxito o fracaso de un proyecto, y lo comparamos con los índices de cumplimiento de proyectos similares de la empresa. Supongamos que para un proyecto se obtiene el índice de cumplimiento “IC1” entre 0,7 y 0,8. Si se define un índice de cumplimiento teórico de éxito $IC2=1.0$ como umbral de comparación, entonces el proyecto es considerado como fracaso, porque $IC1 < IC2$. Por el contrario, si hemos elegido, como umbral el valor que arroja el modelo basado en redes neuronales artificiales teniendo como dato la información de todos los proyectos similares ejecutados por la empresa (y esta fuera, $IC3 = 0,65$) tendríamos un éxito ($IC1 > IC3$). Esto último ocurre porque el objeto de comparación se basa en experiencia reales de la organización. Por lo tanto, debemos procurar calibrar el criterio de evaluación de los datos observados en base a las actuaciones reales de la empresa, procurando que la información sea suficiente y lo más actualizada como sea posible, a fin de estimar un modelo óptimo que use la herramienta de las redes neuronales artificiales.

La estrategia que se propone está basada en el diseño de indicadores históricos comunes a los proyectos de una organización, que permitan construir una base de datos históricos del comportamiento de la empresa en la ejecución de proyectos similares, con el fin de calcular el impacto de los factores de riesgo sobre los objetivos del proyecto. El propósito en esta estrategia es generar una base de comparación del valor del riesgo.

Este documento propone definir los objetivos de un proyecto bajo un *esquema de cumplimiento* (Lezama, 2007). El esquema permite identificar los indicadores de cumplimiento, relacionando elementos cuantificables para luego transformarlos a indicadores básicos. El esquema de cumplimiento está sostenido por tres indicadores generales: Efectividad (IPE), Eficiencia (IPP) y Calidad (IPC), el promedio de estos tres indicadores nos dará el índice de cumplimiento (IC). Este punto de vista se utilizará en el resto de este documento.

Con el fin de comprobar si un proyecto está cumpliendo sus objetivos declarados, consideramos los umbrales de *efectividad, eficiencia y calidad*. De esta manera, el cumplimiento -éxito o el fracaso del proyecto- se definen según cómo se establecen estos umbrales. Esta interpretación, nos permite definir un proyecto como exitoso sobre la base de un aspecto específico (por ejemplo, un proyecto puede considerarse exitoso si el factor de cumplimiento supera o iguala el umbral establecido por el modelo, en caso contrario el

proyecto puede considerarse un fracaso). Sin embargo este concepto puede ser representado por una función de muchas variables, que calcula la métrica que hemos elegido para representar el éxito. Asimismo, podemos calcular usando la herramienta de redes neuronales artificiales, la probabilidad de cumplimiento (éxito) para el proyecto actual; si esta probabilidad es inferior al umbral escogido, el impacto de los factores de riesgo aumenta, y tienen que activarse un plan de contingencia para mitigar el riesgo, caso contrario, si esta probabilidad es superior al umbral definido, el impacto de los factores de riesgo disminuye, por lo tanto la influencia de los factores de riesgos sobre los objetivos del proyecto (esquema de cumplimiento) es mínima.

Los datos históricos basados en los factores del riesgo permitirán construir una función de regresión para la evaluación del riesgo, ya que permite generar como salida los umbrales de comparación de los objetivos del proyecto. Esta función es generada usando como herramienta las “redes neuronales artificiales”, cuyo resultado representa la métrica que hemos elegido para representar el éxito.

La Figura 2, describe el impacto de los factores de riesgo sobre los objetivos del proyecto en base a los datos históricos de la organización. Sin embargo, debemos definir los indicadores adecuados que permitan medir si los objetivos de un proyecto (efectividad, eficiencia y calidad) son alcanzados mediante la comparación de umbrales, a los que denotaremos métricas de éxito o *indicadores de cumplimiento*. Así mismo, se debe definir los indicadores que definen los factores de riesgo y que impactan sobre los objetivos del proyecto, a los que denotaremos *indicadores de factores de riesgo*.

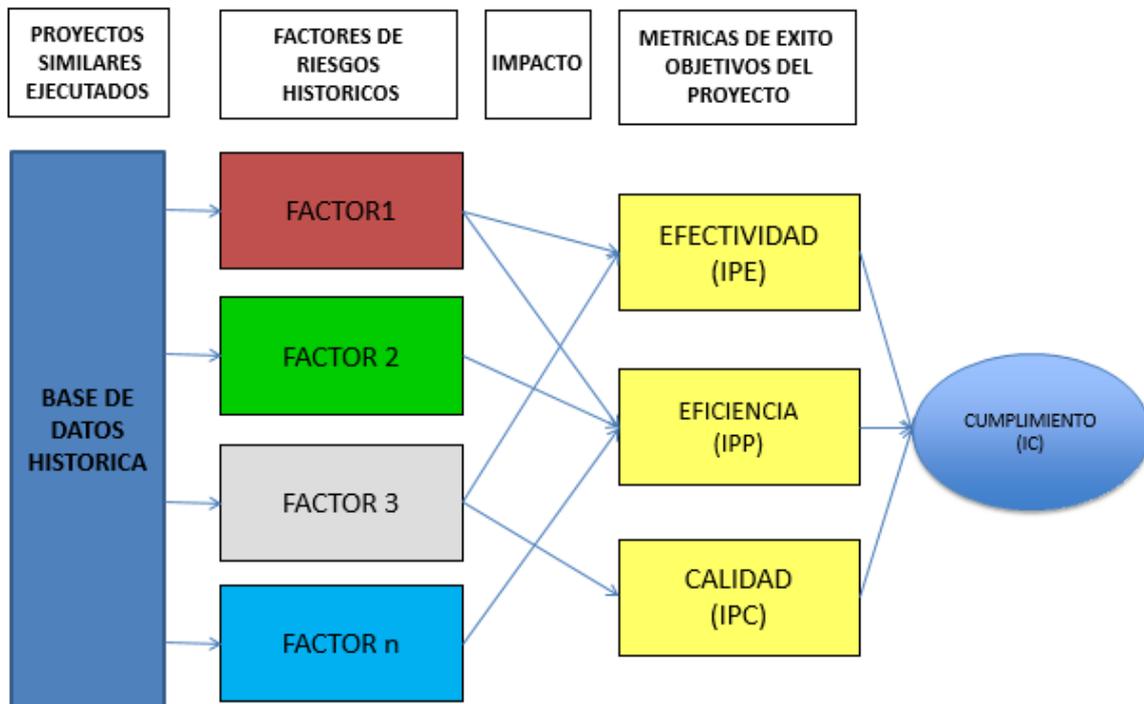


Figura 2: Base de datos histórica de proyectos similares ejecutados.

5.3.1 Selección del proyecto.

En este documento, la metodología solución propuesta se identifican los indicadores adecuados que permitan calcular con el mínimo error posible la probabilidad de cumplimiento (éxito o fracaso) que tiene un postor en la ejecución del proyecto de infraestructura al cual postula, a fin de que la Entidad estatal que licita el proyecto pueda usar este índice en caso de empate o tomar las decisiones necesarias que correspondan en resguardo de los intereses del Estado ya sea confirmando las predicciones de éxito o fracaso del proyecto, o realizando un replanteo de las mismas. Asimismo los datos históricos basados en los factores del riesgo permiten generar como salida los umbrales de comparación de los objetivos del proyecto, usando como herramienta las “redes neuronales artificiales”, cuyo resultado representa la métrica que hemos elegido para representar el cumplimiento del proyecto (éxito).

Un ejemplo de empresas que ejecutan proyectos recurrentes son las empresas constructoras que ejecutan proyectos de infraestructura con el Estado, en el cual podemos definir los indicadores de objetivos y los indicadores de los factores del riesgo, los cuales nos permitirán calcular con el mínimo error posible la probabilidad de cumplimiento (éxito o fracaso) que tiene el postor en la ejecución del proyecto que se licita, mediante la técnica de inteligencia artificial: Redes neuronales artificiales.

A continuación se definen los indicadores de objetivo y los indicadores de factores del riesgo para el caso de una empresa constructora de obras de infraestructura tomando como referencia el modelo de gestión de indicadores de Salgueiro Amado (2003).

5.3.2 Indicadores objetivos

En el ítem 5.3 de este documento se definió los objetivos de un proyecto bajo un *esquema de cumplimiento* descrito en la Figura 3. El esquema permite identificar los indicadores que aseguren el cumplimiento de una empresa contratista en la ejecución de un proyecto de infraestructura que licita el Estado. El esquema de cumplimiento propuesto está sostenido por tres indicadores generales: Efectividad, Eficiencia y Calidad.

A continuación identificamos los indicadores de cumplimiento de objetivos que son medidas de éxito o fracaso en relación a los objetivos de un proyecto, a los cuales denominaremos métricas de éxito del proyecto. Los indicadores son definidos para el caso de una empresa constructora de obras de infraestructura tomando como referencia el modelo de gestión de indicadores de Salgueiro Amado (2003). Los indicadores objetivos de cumplimiento están sostenido por tres indicadores generales: Indicador de efectividad (IPE), Indicador de eficiencia (IPP) y el Indicador de calidad (IPC), el promedio de estos tres indicadores nos dará el índice de cumplimiento (IC)

5.3.2.1 Indicador de efectividad

Este indicador proporciona información cuantificable sobre el cumplimiento del objetivo planteado respecto a las penalidades contractuales aplicadas al ejecutor de obras, y representa un índice del cumplimiento de la prestación de ejecución de obra. En el siguiente cuadro se diseña el indicador de efectividad propuesto.

Descripción del Indicador	Medición
<p>EFFECTIVIDAD EN LA EJECUCION DE LA PRESTACION SIN PENALIDADES (IPE) Lo definiremos como el grado de cumplimiento del plan de presupuesto de la prestación de ejecución de obra sin penalidades contractuales, por la variable IPE.</p>	$\frac{\text{PENALIDAD MAXIMA} - \text{PENALIDADES APLICADAS}}{\text{PENALIDAD MAXIMA}}$

5.3.2.2 Indicadores de eficiencia

Representan la capacidad del proyecto de lograr concluir el proyecto en el mínimo tiempo y con el menor costo unitario posible (Lezama, 2007). En este sentido se propone el siguiente indicador de eficiencia:

Descripción del Indicador	Medición
<p>RELACION DEL PLAZO DE EJECUCION DEL PROYECTO (IPP): Indica la capacidad de lograr concluir el proyecto en el mínimo tiempo posible.</p>	$\frac{\text{PLAZO PROGRAMADO DE EJECUCION}}{\text{PLAZO REAL DE EJECUCION}}$

5.3.2.3 Indicadores de calidad

Representan la capacidad del proyecto para satisfacer al cliente, cuantifica la mejora continua de los procesos y resultados. Los indicadores de calidad propuestos son:

Descripción del Indicador	Medición
<p>CALIDAD DEL PROCESO (IPC): Mide la calidad del proceso (Apaza, 2003). Es una relación entre el avance de ejecución de obra aprobado por la Entidad (Metrado ejecutado conforme) y el avance de ejecución de obra realmente ejecutado (Metrado ejecutado real).</p>	$\frac{\text{METRADO DE EJECUCION CONFORME}}{\text{METRADO DE EJECUCION REAL}}$

5.3.3 Indicadores de los factores del riesgo

Durante la evaluación del riesgo y diseño del proceso de toma de decisiones, debemos identificar los eventos que podrían impedir, degradar, demorar, o mejorar el logro de los objetivos de la empresa. Estos eventos constituyen las fuentes externas o internas del riesgo en relación a los objetivos de la empresa, que adelante denominaremos *factores del riesgo*.

Sin embargo, se debe tener especial cuidado al definir los factores de riesgo, procurando identificar factores característicos del negocio, de modo que estos no resulten teóricos, irreales o de medición complicada. Se debe lograr que los datos sean lo más exactos posibles y puedan ser obtenidos con facilidad. Se deben identificar los factores del riesgo que tienen impacto positivo o negativo en los objetivos de un proyecto de infraestructura.

Los factores de riesgo que afectan o impactan la medición de las métricas de éxito del proyecto deben ser expresados por indicadores a calcularse para todo proyecto de infraestructura. Estos indicadores son las entradas al modelo propuesto de la Figura 6 que

tiene como salida la métrica de éxito del proyecto y que será expresada en una función de regresión no lineal. El modelo requiere un gran número de indicadores de factores del riesgo, para obtener buenos resultados; sin embargo, si el número de indicadores crece, la métrica de éxito del proyecto será más difícil de estimar utilizando la estadística clásica. Una solución a este problema es usar la herramienta de redes neuronales artificiales, en particular el modelo multicapa “feed-forward Backpropagation” para calcular los valores de las funciones de regresión, de modo que el número de factores considerados no influyen sobre el procedimiento (Cantone et al. 2007). Este documento toma como referencia el modelo de validación de eficiencia adoptado por Cantone Giovanni, Sarciá Salvatore y Basili Victor (2007) basado en el análisis de redes neuronales artificiales como un medio para estimar una función de regresión no lineal, incluso si el número de factores de riesgo es elevado.

Para identificar los factores de riesgo que afectan los objetivos del proyecto, hemos tomado como referencia entre otros el modelo Goal Question Metric (Basili, Caldiera, Rombach, 1994). Si bien este modelo fue creado para estimaciones en proyectos de software, el enfoque Goal Question Metric proporciona un método eficaz para identificar factores e indicadores tanto del proceso como de los resultados de proyectos de infraestructura, considerando que un programa de medición puede ser más satisfactorio si es diseñado teniendo en cuenta los objetivos perseguidos. En este enfoque las preguntas potencialmente medibles ayudan a medir si se está alcanzando en forma exitosa la meta trazada. Algunas preguntas posibles son las siguientes: ¿Qué factores repercuten en el logro del objetivo de proyecto? ¿Cuál es el contexto del proyecto? ¿Cuál es el contexto de la organización?

El siguiente cuadro contiene nuestra propuesta de los factores de riesgo para proyectos de infraestructura y definición de indicadores del riesgo para medir el impacto sobre los objetivos (métricas de éxito) del proyecto. La escala de medición se elaboró en base a los datos provenientes de las experiencias de proyectos similares ejecutados (valores máximos y mínimos) por empresas ejecutoras de obras y de los valores límites permitidos por la legislación vigente.

FACTORES DE RIESGO	INDICADOR	MEDICION	SIMBOLO	ESCALA DE MEDICION
Precio ofertado del proyecto	Relación presupuesto ofertado y presupuesto base.	$\frac{\text{PRESUPUESTO OFERTADO}}{\text{PRESUPUESTO BASE}}$	RPP	[0,9 ; 1,10]
Gastos generales del proyecto	Relación gastos generales totales (fijos más variables) y el		RGP	[0,0 ; 0,5]

	costo directo de la obra (presupuesto contratado menos impuestos, gasto generales y utilidades)	$\frac{\text{GASTOS GENERALES}}{\text{COSTO DIRECTO DEL PROYECTO}}$		
Utilidad prevista del proyecto	Relación utilidad y el costo directo de la obra (presupuesto contratado menos impuestos, gasto generales y utilidades)	$\frac{\text{UTILIDAD}}{\text{COSTO DIRECTO DEL PROYECTO}}$	RUP	[0,0 ; 1,0]
Tipo de proyecto	Tipo de proyecto: 1. Proyecto de edificación. 2. Proyecto de saneamiento. 3. Proyecto Energético. 4. Proyecto de irrigación. 5. Proyecto de carreteras y puentes.	TIPO DE PROYECTO	TP	[1,2,3,4,5]
Duración del proyecto	Plazo de ejecución del Proyecto.	DIAS	PE	[0;1000]
Experiencia en obras.	Experiencia del Ingeniero residente de obras.	AÑOS	EIR	[1;40]
Experiencia en seguridad.	Experiencia del Ingeniero de seguridad.	AÑOS.	EIS	[0;40]
Experiencia en Calidad.	Experiencia del Ing. de Calidad.	AÑOS.	EIC	[0;40]
Experiencia en administración.	Experiencia de la gerencia de administración.	AÑOS.	EGA	[1;40]
Variación de precios de materiales, equipos, mano de obra del sector construcción por inflación.	Factor de reajuste K. Proviene de la fórmula polinómica del proyecto y es calculado en base a los índices de precios unificados del sector construcción publicada por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI).	FORMULA POLINOMICA DEL PROYECTO	K	[0,5;2]

5.3.4 Modelo de predicción de la métrica de éxito

El modelo de predicción tiene como finalidad la estimación de la métrica de éxito del proyecto representado por una función de regresión no lineal utilizando para tal fin la herramienta de redes neuronales artificiales. La métrica de éxito elegida es el índice de cumplimiento descrito en el ítem 5.3.2 y la estructura de la red neuronal artificial utilizada en el modelo es la de retro

propagación conocida como red multicapa “feed forward” (Rumelhart, Hinton, Williams, 1986) donde las variables de entrada son los indicadores de los factores de riesgo del proyecto, y la salida es la métrica de éxito del proyecto (estimación de función de regresión no lineal). Una descripción de este modelo, se aprecia en la Figura 3, donde el modelo de predicción calcula la métrica de éxito del proyecto, dando como resultado el valor del índice de cumplimiento (IC). En síntesis, el modelo permite predecir el índice de cumplimiento (IC) del postor participante del proyecto licitado por una Entidad del Estado (proyecto nuevo) y asimismo sirve para generar una base de datos donde estén clasificados los proyectos ejecutados por la empresa como con éxito o fracaso. En particular, si para un proyecto su índice de cumplimiento real es mayor que el índice de cumplimiento estimado por el modelo de predicción (valor umbral estimado por la red neuronal) el proyecto se clasifica como éxito (1), caso contrario, se clasifica como un fracaso (0) y se almacena en la base de datos con los indicadores de los factores de riesgos que le corresponde.

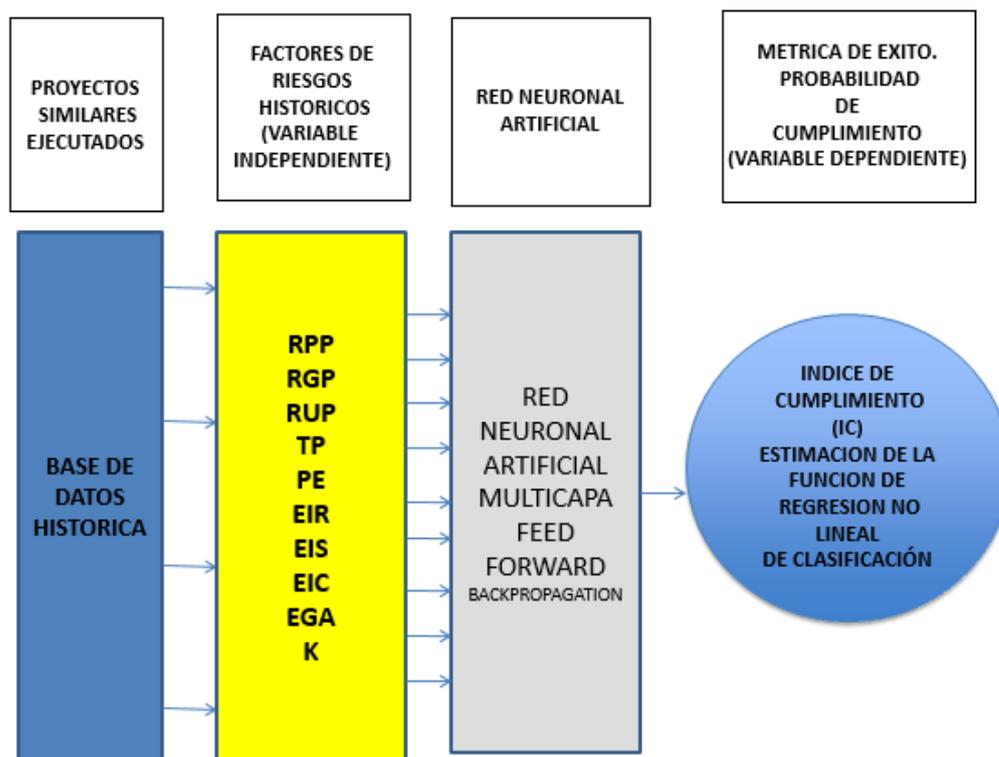


Figura 3. Modelo de predicción de la métrica de éxito.

5.3.5 Modelo de predicción de éxito o fracaso

Una vez clasificados los proyectos ejecutados por la empresa, como éxito (1) y fracaso (0), agrupados en forma conjunta con los indicadores de los factores de riesgo que determinan su clasificación, es posible construir un modelo que pueda predecir la probabilidad de

cumplimiento (riesgo) de un nuevo proyecto, indicando su tendencia de cumplimiento (éxito o fracaso). Esta metodología implica el uso de una segunda red neuronal artificial “feed forward” donde las entradas son los indicadores de los factores de riesgo que afectan los objetivos del proyecto y la salida es un valor entre uno y cero que representa la probabilidad de cumplimiento (riesgo) de un nuevo proyecto. Para esto se establece un patrón de aceptación o rechazo (fijado en 0,5 o más) a fin de generar la probabilidad de cumplimiento del proyecto. En este caso, si el valor de salida es entre 0,5 y 1, se establece la tendencia de cumplimiento (éxito) del proyecto, y si el valor de salida es entre 0 y menos de 0,5 se establece la tendencia al incumplimiento (fracaso) del proyecto. Una descripción de este modelo se aprecia en la Figura 4.

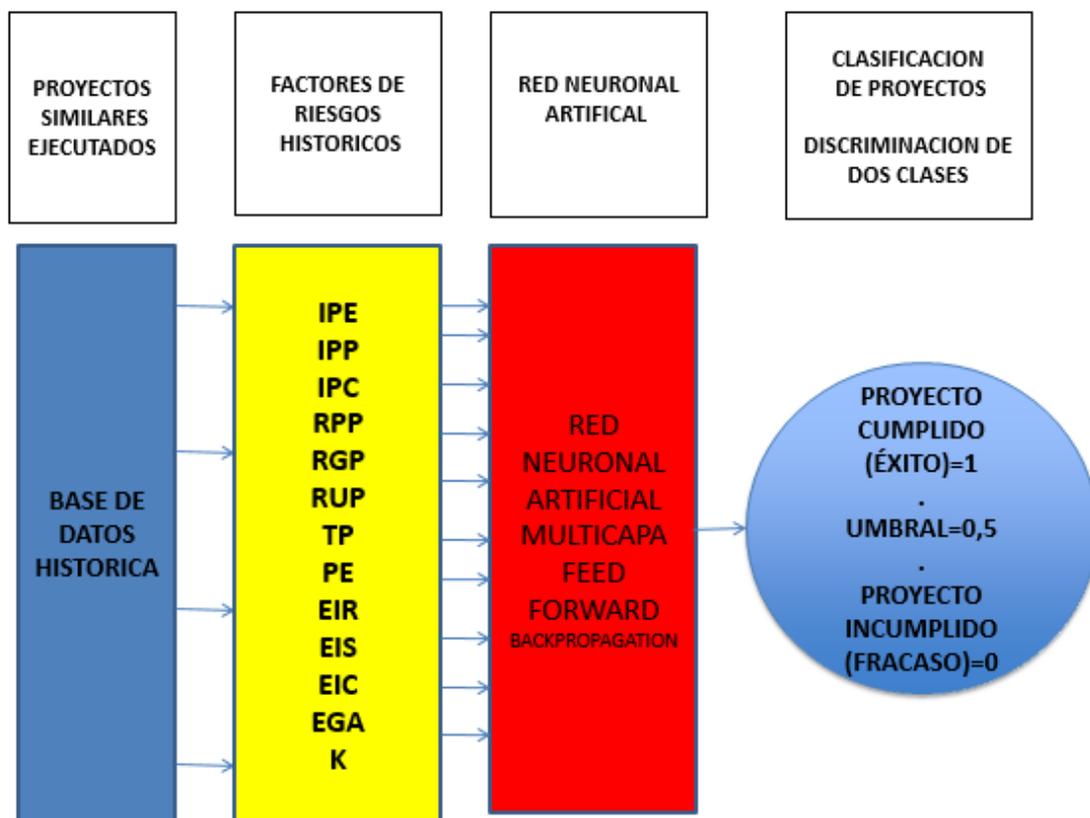


Figura 4. Predicción de la probabilidad de éxito o fracaso.

5.1 Elección en caso de empate en el procedimiento de selección Adjudicación Simplificada (AS).

La Figura 5 propone una validación a requerimientos técnicos mínimos, con una base de registro y selección que se construirá por empresa, de modo que puedan ser datos registrados

en los campos de la base de datos. Para ello se plantea una modificación en el artículo 67 del RLCE en cuanto a la estandarización de los requisitos de calificación como equipamiento estratégico, formación académica, experiencia del postor en obras similares y generales que puedan exigir las Entidades en el procedimiento de selección Adjudicación Simplificada (AS), mediante fichas técnicas de acuerdo a cada tipo de obra, de modo que se permita de facilitar el proceso de adjudicación de la Buena Pro en forma autónoma. La Figura 3 muestra el proceso que se debe realizar en caso de empate.

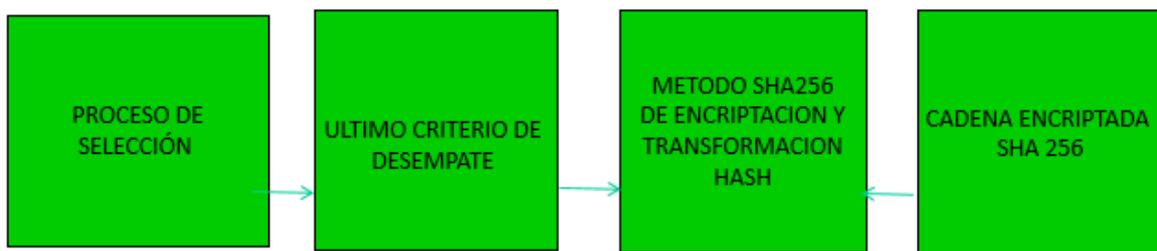


Figura 5. Proceso decisorio en caso de empate.

En caso de empate, se propone la elección del postor mediante un sorteo electrónico basado en un sistema de aleatoriedad controlada basada en el método aleatorio SHA256 de encriptación y la transformación del HASH.

Para seleccionar una empresa ganadora en caso de empate, se le asigna una cadena de texto a cada postor con el siguiente formato:

Nombre del Proyecto + RUC Empresa + RUC Empresa 1 + RUC Empresa 2 + RUC Empresa 3 + ... + RUC Empresa X

Esta cadena asignada a cada postor, luego es transformada con el método de encriptación SHA256 a una cadena de tamaño fijo única representativa a la cadena de entrada. La cadena encriptada resultante está en formato hexadecimal; cada postor tiene asignada la cadena encriptada que le corresponde.

De la nueva cadena encriptada se escogen los 8 primeros caracteres y estos se transforman de hexadecimal a decimal. Para ser dividido entre 42949672.95 que es $(2^{32} - 1)/100$ representativo al máximo valor decimal de 8 caracteres hexadecimales FFFFFFFF

entre 100.

Ejemplo de aplicación – análisis técnico:

Proyecto: Parque Distrito X

RUC de la Empresa participante 1: 123456789

RUC de la Empresa participante 2: 321654987

RUC de la Empresa participante 3: 789456123

RUC de la Empresa participante 4: 123789456

En el caso que empaten la empresa 1 y la empresa 3:

Cadena representativa de la empresa 1:

Parque Distrito X 123456789123456789321654987789456123123789456

Cadena representativa de la empresa 3:

Parque Distrito X 789456123123456789321654987789456123123789456

Después de pasar por la encriptación SHA256:

Cadena encriptada representativa de la empresa 1 en formato hexadecimal:

1A3B1F3203C61A1B01BB265288A86C768DA0CF9771582EE10947E823401EB06B

Cadena encriptada representativa de la empresa 3 en formato hexadecimal:

F7141523F6E076391A8FBE7DE505A3C2EF016DF9840198C4FAC93A2DFC095B30

Una vez aplicada la conversión a decimal y división de los 8 primeros caracteres:

Empresa 1: $440082226 / 42949672.95 = 10.25$

Empresa 3: $4145288483 / 42949672.95 = 96.52$

La empresa 3 es la ganadora del proceso de selección. La Figura 6 muestra el procedimiento de conversión detallado.



Figura 6. Proceso de encriptación.

Fuente: Variante del Provably Fair implementado y explicado por bitzino.com

Al no tener entradas modificables el proceso de selección y ser completamente automático, se puede dar a conocer el algoritmo para la obtención de resultados y este siempre devuelve el mismo resultado siempre y cuando se introduzcan los mismos parámetros. De este modo, los postores pueden comprobar sus resultados, con los parámetros que se utilizaron en la encriptación de la cadena, incluso antes que se realice el desempate en forma automática, esta característica otorga transparencia al proceso. Para verificar el resultado lo que debe hacer el postor es evaluar sus parámetros con el algoritmo y comparar el resultado obtenido. Para esto la información del proyecto y los parámetros usados deben ser públicos. Los RUCs de las empresas que participaron en el concurso del proyecto y el nombre del proyecto es la única información relevante para el algoritmo.

El SHA 256 pertenece al algoritmo de encriptación SHA 2. Es un Algoritmo de encriptación para la verificación de datos y es destructivo, lo que significa que no se puede reconstruir la data a partir del hash outcome del SHA 2 (no se puede reconstruir pero si se puede identificar). En el algoritmo el mensaje se divide en segmentos de tamaño constante y cada segmento se somete a una serie de operaciones lógicas cuyos resultados se concatenan y forman el hash verificador. Este algoritmo de encriptación fue patentado por la NSA de estados unidos y tiene una declaración de licencia royalty free.

<http://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?CC=US&NR=6829355&KC=&FT=E&locale=en_EP. <https://datatracker.ietf.org/ipr/858/>>

Es un método de encriptación estandarizado por lo que existe su implementación en

muchos lenguajes de programación, por lo que no es necesario volver a programar el algoritmo. La información no puede ser descriptada ya que existe pérdida de información; Sin embargo es 100% confiable para la verificación de datos. Requiere una computación mediana, por lo que puede aumentar el requerimiento de recursos para una implementación a gran escala.

<http://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?CC=US&NR=6829355&KC=&FT=E&locale=en_EP>

<<https://datatracker.ietf.org/ipr/858/>>

6. Caso de estudio

6.1 Selección mediante el índice de eficiencia

En este caso se considera un conjunto real de observaciones conformado por la información de los proyectos ejecutados por un grupo empresarial peruano formado por cinco empresas dedicados a la ejecución de obras de infraestructura. Se logró contar con la data histórica de 209 proyectos de construcción ejecutados por el grupo empresarial desde 1988.

En cada proyecto se identificaron once indicadores haciendo un total de 2299 datos que representan los índices de los factores de riesgo diseñados en el ítem 5.3.2 del presente documento. El cuadro siguiente resume los indicadores usados para medir los factores de riesgo que afectan a los objetivos de cada proyecto:

ITEM	FACTORES DE RIESGO	INDICADOR	SIMBOLO	ESCALA DE MEDICION	PASO	CARDINAL
1	Precio ofertado del proyecto	Relación presupuesto contratado y presupuesto base.	RPP	[0,90 ; 1,10]	0,01	21
2	Gastos generales del proyecto	Relación gastos generales y el costo directo del presupuesto.	RGP	[0,01 ; 0,50]	0,01	50
3	Utilidad prevista del proyecto	Relación utilidad y el costo directo del presupuesto.	RUP	[0,01 ; 1,00]	0,01	100
4	Tipo de proyecto	Tipo de proyecto.	TP	[1,2,3,4,5]	1	5

5	Duración del proyecto	Plazo de ejecución del Proyecto.	PE	[1;1000]	20	50
6	Experiencia en obras.	Experiencia del Ingeniero residente.	EIR	[1;40]	1	40
7	Experiencia en seguridad.	Experiencia del Ingeniero de seguridad.	EIS	[0;40]	1	41
8	Experiencia en calidad.	Experiencia del Ing. de Calidad	EIC	[0;40]	1	41
9	Experiencia en administración.	Experiencia de la gerencia de administración.	EGA	[1;40]	1	40
10	Variación de precios de materiales, equipos, mano de obra del sector construcción por inflación.	Factor de reajuste K. (Índice de precios Unificados del Sector Construcción)	K	[0.5;2]	0,1	16

6.1.1 Elección del modelo

Las pruebas de clasificación se efectuaron con el modelo de red neuronal artificial multicapa feedforward” (Rumelhart, Hinton, Williams, 1986) usando el algoritmo de aprendizaje de retro propagación de Levenberg-Marquardt (Gradiente descendente optimizado). A fin de mejorar la precisión de la red, se empleó una cantidad más amplia de datos, considerando un conjunto de prueba adicional al de validación. Se probaron 16 arquitecturas de redes neuronales artificiales. La distribución del número de capas como la cantidad de neuronas por capa se dio bajo la permutación de los números 5, 9, 10 y 20 (obtenidos por una función random de rango [2; 20]). El programa utilizado para la simulación y entrenamiento de la red fue MatLab™ (*Neural Networks Toolbox*), asimismo se empleó el software Minitab Solutions para el cálculo de los datos estadísticos y la elaboración de histogramas. La función de transición empleada en la red perceptrón multicapa *feedforward*, es la función *sigmoidal*, para la capa de entrada y las capas ocultas, y una función lineal, para la capa de salida de la red.

De los 209 conjuntos de datos empleados (cada conjunto tiene 11 indicadores) en la preparación de las redes, se emplearon 171 en el conjunto de entrenamiento, 19 en el conjunto de validación y 19 en el de prueba.

6.1.2 Evaluación de la red

El entrenamiento de las diferentes arquitecturas de redes neuronales artificiales, se evaluó teniendo en consideración dos métricas: el grado de error y el rendimiento (Mse). Para la medición del grado del error de cada arquitectura se empleó el error absoluto medio (Mean) del conjunto de validación y del conjunto de prueba. Finalmente, la definición del mejor modelo se realizó en base al cálculo del error absoluto medio (Mean) de ambos conjuntos. Para la evaluación de los resultados de salida de las diferentes arquitecturas probadas, se empleó el índice de rendimiento (Mse) proporcionado por Matlab (Error cuadrático medio relativo al conjunto de entrenamiento) y la media del error absoluto (Mean) de los conjuntos de validación y prueba. Además se calculó la desviación estándar del error absoluto de ambos conjuntos para observar la estabilidad de la red. Los resultados mostrados indican que la arquitectura que presenta menor error y que mejor se ajusta para la predicción del modelo es la red *feedforward* 20 x 10 (20 capas ocultas, 10 neuronas en la capa escondida, 10 neuronas en la entrada y una neurona en la salida). Por lo tanto, se escogió la mencionada red como la más apta para la predicción del modelo debido al bajo porcentaje de error que obtiene en los conjuntos de validación y prueba. Se descarta el índice del rendimiento pues es un índice referencial al entrenamiento y a la validación (Matlab solo emplea el conjunto de la prueba para la visualización gráfica de los resultados de la regresión).

6.1.3 Clasificación de los proyectos en dos clases: éxito y fracaso

Se procedió a clasificar los proyectos históricos de la empresa (proyectos ejecutados) en un conjunto de dos clases: éxito (1) o fracaso (0), mediante la comparación del valor que arroja la red: el valor umbral del índice de cumplimiento (IC), el cual es comparado con el IC real del proyecto ejecutado, si el IC real es mayor o igual que el IC que arroja el modelo de predicción, entonces lo clasificamos como éxito, caso contrario como fracaso. Considerando este esquema se puede construir una base de datos histórica donde los proyectos de infraestructura ejecutados por la empresa forma una clase de proyectos cumplidos (éxito) con clasificación 1 y una clase de proyectos incumplidos (fracaso) con clasificación 0. Las salidas se determinaron según el signo de la diferencia entre el valor real y el valor estimado del índice IC, en el caso de ser no nulo o positivo se califica el valor como 1 (éxito), en caso de ser negativo (si realmente se está por debajo del promedio) se califica como fracaso.

6.1.4 Cálculo de la probabilidad de éxito o fracaso de un proyecto

Una vez construida la base de datos que contiene todos los proyectos ejecutados por la empresa, con sus indicadores de los factores de riesgo y su respectiva clasificación como éxito (1) o fracaso (0), se procedió a implementar el modelo que prediga la probabilidad de cumplimiento de un nuevo proyecto, indicando su tendencia de cumplimiento (éxito) o incumplimiento (fracaso). Esta metodología implicó el uso de una segunda red neuronal artificial “feed forward” donde las entradas son los indicadores de los factores de riesgo que afectan los objetivos del proyecto y la salida que se obtuvo es un valor entre uno y cero que representa la probabilidad de riesgo de un nuevo proyecto. Por ejemplo, un valor de salida 1 indicara que el proyecto será un éxito, y un valor cero de que el proyecto será un fracaso, pero si la salida es un valor fraccionario como 0,3 significa que existe un 30% de probabilidad de éxito del proyecto y un 70% de probabilidad que los riesgos se produzca y si la salida es un valor de 0,9 indicará que existe una probabilidad del 90% de éxito y un 10% de probabilidad que los riesgos se produzcan en el proyecto.

Se optó por crear 16 arquitecturas de redes siguiendo los mismos patrones que en la primera red. Al igual que en la etapa anterior, se busca analizar el performance de la red y la medida del error porcentual (Mean) para la elección de la mejor arquitectura y representación de los patrones.

6.1.5 Construcción de la interfaz de predicción de éxito

Para poder culminar el caso de estudio, se procedió a construir una interfaz visual que acepte valores de los indicadores de los factores de riesgo del proyecto como datos de entrada para predecir la métrica de éxito que en el modelo es el índice de cumplimiento (IC) descrito en el ítem 5.3. Se eligió por construir una interfaz, que se programó en el lenguaje de programación JAVA, y se empleó el IDE Netbeans 7.0 Beta para su desarrollo. La ejecución de esta interfaz, requiere JRE 6 (Java Runtime Environment) y un sistema operativo que soporte JRE6. La interfaz visual es un formulario, el cual tiene como parámetros los diez índices especificados para el empleo del modelo. También tiene tres opciones para cerrar la ventana, limpiar los campos y predecir el resultado según los datos ingresados.

6.2 Interfaz de evaluación para el desempate

Para seleccionar una empresa ganadora en caso de empate, se le asigna una cadena de texto a cada postor con el siguiente formato:

Nombre del Proyecto + RUC Empresa + RUC Empresa 1 + RUC Empresa 2 + RUC Empresa 3 + + RUC Empresa X

Esta cadena asignada a cada postor, luego es transformada con el método de encriptación SHA256 a una cadena de tamaño fijo única representativa a la cadena de entrada. La cadena encriptada resultante está en formato hexadecimal; cada postor tiene asignada la cadena encriptada que le corresponde.

De la nueva cadena encriptada se escogen los 8 primeros caracteres y estos se transforman de hexadecimal a decimal. Para ser dividido entre 42949672.95 que es $(2^{32} - 1)/100$ representativo al máximo valor decimal de 8 caracteres hexadecimales FFFFFFFF entre 100.

Esta división devuelve un número entre 0 y 100; el cual representara a cada postor, la buena pro, se otorgará al postor con el número mayor, como resultado del desempate.

Ejemplo de aplicación – análisis técnico:

Proyecto: Parque Distrito X

RUC de la Empresa participante 1: 123456789

RUC de la Empresa participante 2: 321654987

RUC de la Empresa participante 3: 789456123

RUC de la Empresa participante 4: 123789456

En el caso que empaten la empresa 1 y la empresa 3:

Cadena representativa de la empresa 1:

Parque Distrito X 123456789123456789321654987789456123123789456

Cadena representativa de la empresa 3:

Parque Distrito X 789456123123456789321654987789456123123789456

Después de pasar por la encriptación SHA256:

Cadena encriptada representativa de la empresa 1 en formato hexadecimal:

1A3B1F3203C61A1B01BB265288A86C768DA0CF9771582EE10947E823401EB06B

Cadena encriptada representativa de la empresa 3 en formato hexadecimal:

F7141523F6E076391A8FB7E7DE505A3C2EF016DF9840198C4FAC93A2DFC095B30

Una vez aplicada la conversión a decimal y división de los 8 primeros caracteres:

Empresa 1: $440082226 / 42949672.95 = 10.25$

Empresa 3: $4145288483 / 42949672.95 = 96.52$

La empresa 3 es la ganadora del proceso de selección. La Figura 5 muestra el procedimiento de conversión detallado.

Demo Concurso Publico Index Registro **Desempate**

Nombre del Proyecto

Empresas Participantes

Para el proposito de la demo, la empresa 1 y 3 empatan

RUC 1	<input type="text" value="123456789"/>	puntaje	<input type="text" value="99.5"/>
RUC 2	<input type="text" value="489846124"/>	puntaje	<input type="text" value="48.2"/>
RUC 3	<input type="text" value="483843424"/>	puntaje	<input type="text" value="99.5"/>
RUC 4	<input type="text" value="7378372114"/>	puntaje	<input type="text" value="70.1"/>

Proceso 100% transparente:

Cadena de la Empresa 1:
Parque San Isidro1234567891234567894898461244838434247378372114

Cadena de la Empresa 3:
Parque San Isidro4838434241234567894898461244838434247378372114

Valor encriptado de la Empresa 1 bajo SHA256:
c65ca37dc4b4be22e8aef4dac47e41ed16944cb7f95a4bc8d225aee3b2593be2

Valor encriptado de la Empresa 3 bajo SHA256:
1e2998728dbe1e63d93bbafdf54af06664b460aa3c5644d36d6cd4ae6637f070

Valor reducido de la Empresa 1: c65ca37d	Valor decimal de la Empresa 1: 3327959933
Valor reducido de la Empresa 3: 1e299872	Valor decimal de la Empresa 3: 506042482

El Resultado mayor de estos 2 es el ganador:

Valor 0~100 de la Empresa 1:
77.48510534350879

Valor 0~100 de la Empresa 3:
11.782219682769435

La interfaz HTML se hizo con la ayuda de la librería de estilos bootstrap y el MVC AngularJS. La funcionalidad del algoritmo se hizo con la ayuda de la implementación en javascript del algoritmo SHA256 escrito por Chis Veness. En la demo se simula un empate entre la empresa 1 y la empresa 3 arbitrariamente para poder demostrar el proceso de desempate.

El HTML de la interfaz:

1. `<html ng-app lang="en"><head>`
2. `<meta charset="utf-8">`
3. `<meta http-equiv="X-UA-Compatible" content="IE=edge">`
4. `<meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1.0">`
5. `<meta name="description" content="">`
6. `<meta name="author" content="">`

```

7. <title>Investrigación - Desempate</title>
8. <link href="css/bootstrap.css" rel="stylesheet">
9. <link href="css/narrow-jumbotron.css" rel="stylesheet">
10. <script src="https://ajax.googleapis.com/ajax/libs/angularjs/1.2.10/angular.min.js"></
    script>
11. <script type="text/javascript" src="js/desempate.js"></script>
12. <style type="text/css"></style></head>
13. <body ng-controller="TodoCtrl">
14. <div class="container">
15. <div class="header">
16. <ul class="nav nav-pills pull-right">
17. <li><a href="index.html">Index</a></li>
18. <li><a href="registro.html">Registro</a></li>
19. <li class="active"><a href="desempate.html">Desempate</a></li>
20. </ul>
21. <h3 class="text-muted">Demo Concurso Publico</h3>
22. </div>
23. <form class="form-horizontal" role="form" >
24. <div class="form-group">
25. <label class="col-sm-3 control-label">Nombre del Proyecto</label>
26. <div class="col-sm-9">
27. <input type="text" class="form-control" placeholder="Nombre del Proyecto" ng-
    model="Proyecto">
28. </div>
29. </div>
30. <h3>Empresas Participantes</h3>
31. <p>Para el proposito de la demo, la empresa 1 y 3 empatan</p>
32. <div class="form-group">
33. <label class="col-sm-2 control-label">RUC 1</label>
34. <div class="col-sm-4">
35. <input type="text" class="form-control" placeholder="RUC de la empresa 1" ng-
    model="Empresa1">
36. </div>
37. <label class="col-sm-1 control-label">puntaje</label>

```

38. `<div class="col-sm-2">`
39. `<input type="text" class="form-control" placeholder="puntaje" value=99.5 disabled>`
40. `</div>`
41. `</div>`
42. `<div class="form-group">`
43. `<label class="col-sm-2 control-label">RUC 2</label>`
44. `<div class="col-sm-4">`
45. `<input type="text" class="form-control" placeholder="RUC de la empresa 2" ng-model="Empresa2">`
46. `</div>`
47. `<label class="col-sm-1 control-label">puntaje</label>`
48. `<div class="col-sm-2">`
49. `<input type="text" class="form-control" placeholder="puntaje" value=48.2 disabled>`
50. `</div>`
51. `</div>`
52. `<div class="form-group">`
53. `<label class="col-sm-2 control-label">RUC 3</label>`
54. `<div class="col-sm-4">`
55. `<input type="text" class="form-control" placeholder="RUC de la empresa 3" ng-model="Empresa3">`
56. `</div>`
57. `<label class="col-sm-1 control-label">puntaje</label>`
58. `<div class="col-sm-2">`
59. `<input type="text" class="form-control" placeholder="puntaje" value=99.5 disabled>`
60. `</div>`
61. `</div>`
62. `<div class="form-group">`
63. `<label class="col-sm-2 control-label">RUC 4</label>`
64. `<div class="col-sm-4">`
65. `<input type="text" class="form-control" placeholder="RUC de la empresa 4" ng-model="Empresa4">`
66. `</div>`
67. `<label class="col-sm-1 control-label">puntaje</label>`
68. `<div class="col-sm-2">`

```

69. <input type="text" class="form-control" placeholder="puntaje" value=70.1 disabled>
70. </div>
71. </div>
72. <h3>Proceso 100% transparente: </h3>
73. <p>Cadena de la Empresa 1:<br> {{e1seed()}}</p>
74. <p>Cadena de la Empresa 3:<br> {{e3seed()}}</p>
75. <br>
76. <p>Valor encriptado de la Empresa 1 bajo SHA256:<br> {{sha1()}}</p>
77. <p>Valor encriptado de la Empresa 3 bajo SHA256:<br> {{sha3()}}</p>
78. <br>
79. <div class="row">
80. <div class="col-sm-6">
81. <p>Valor reducido de la Empresa 1:<br> {{trim1()}}</p>
82. <p>Valor reducido de la Empresa 3:<br> {{trim3()}}</p>
83. </div>
84. <div class="col-sm-6">
85. <p>Valor decimal de la Empresa 1:<br> {{dec1()}}</p>
86. <p>Valor decimal de la Empresa 3:<br> {{dec3()}}</p>
87. </div>
88. </div>
89. <h3>El Resultado mayor de estos 2 es el ganador: </h3>
90. <p>Valor 0~100 de la Empresa 1:<br> {{win1()}}</p>
91. <p>Valor 0~100 de la Empresa 3:<br> {{win3()}}</p>
92. </form>
93. <div class="footer">
94. <p>Investigacion IDIC 2014</p>
95. </div>
96. </div>
97. <script src="js/sha256.js"></script>
98. <script src="https://code.jquery.com/jquery.js"></script>
99. <script src="https://netdna.bootstrapcdn.com/bootstrap/3.0.3/js/bootstrap.min.js"></s
cript>
100. </body></html>

```

La interfaz del simulador usa AngularJS para mostrar los resultados en tiempo real, demostrando que los cálculos se pueden hacer del lado del cliente usando solamente la información mostrada en esta. Así como los pasos para llegar al resultado final. Para el propósito del demo solo se evalúan las puntuaciones de las empresas 1 y 3 las cuales empatamos con un puntaje de 99.5.

El Javascript ejecutando la evaluación:

```
1.   function TodoCtrl($scope) {
2.     //inicializamos valores arbitrarios solo para la demo (pueden ser modificados haciendo
uso de la interfaz)
3.     $scope.Empresa1="123456789";
4.     $scope.Empresa2="489846124";
5.     $scope.Empresa3="483843424";
6.     $scope.Empresa4="7378372114";
7.     $scope.Proyecto="Parque San Isidro"
8.     //Para la demo, el desempate es para la empresa 1 y la empresa 3 por lo que solo se
genera la cadena para esas 2 empresas
9.     //El formato de la cadena es Proyecto+RUCPropio+RUC1+RUC2+RUC3+...
10.    $scope.e1seed = function() { return $scope.Proyecto+$scope.Empresa1+$scope.Empr
    esa1+$scope.Empresa2+$scope.Empresa3+$scope.Empresa4 };
11.    $scope.e3seed = function() { return $scope.Proyecto+$scope.Empresa3+$scope.Empr
    esa1+$scope.Empresa2+$scope.Empresa3+$scope.Empresa4 };
12.    //Haciendo uso de la encriptacion Sha256, convertimos las cadenas en hashes Sha256
13.    $scope.sha1 = function() {
14.      var aux = Sha256.hash($scope.e1seed());
15.      console.log(aux);
16.      return aux };
17.    $scope.sha3 = function() {
18.      var aux = Sha256.hash($scope.e3seed());
19.      console.log(aux);
20.      return aux };
21.    //cortamos solo los primeros 8 digitos de los hashes
22.    $scope.trim1 = function() { return $scope.sha1().slice(0,8);};
```

```

23.   $scope.trim3 = function() { return $scope.sha3().slice(0,8); };
24.   //Convertimos esos valores a decimal
25.   $scope.dec1 = function() { return parseInt($scope.trim1(), 16); };
26.   $scope.dec3 = function() { return parseInt($scope.trim3(), 16); };
27.   // dividimos el valor entre 42949672.95 y nos da un numero aleatorio verificable del
       0.00 al 100.00
28.   $scope.win1 = function() { return $scope.dec1()/42949672.95 };
29.   $scope.win3 = function() { return $scope.dec3()/42949672.95 };
30.   }

```

7. Conclusiones

Este documento propone una arquitectura genérica que actúa en forma autónoma en los procesos de selección de obras públicas, generando un criterio de decisión automática en caso de empate. El caso de estudio del presente artículo desarrolla una interfaz de evaluación para el desempate en el procedimiento de selección Adjudicación Simplificada (AS), donde se asigna una cadena de texto a cada postor que luego es transformada con el método de encriptación SHA256 a una cadena de tamaño fijo única representativa a la cadena de entrada. De la nueva cadena encriptada se obtiene un número que representara a cada postor, la buena pro se otorgará al postor con el número mayor, como resultado del desempate, logrando con ello que la elección del postor se realice mediante un sorteo electrónico basado en un sistema de aleatoriedad controlada de encriptación y transformación.

Para el procedimiento de selección la selección se realiza mediante un índice de cumplimiento pronosticado de acuerdo al comportamiento de la empresas en la ejecución de proyectos de infraestructura similares, donde se genera un modelo que realiza la predicción de la probabilidad de cumplimiento (éxito o fracaso) del postor de ejecutar el proyecto. El caso de estudio del presente artículo considera un conjunto real de observaciones conformado por la información de los proyectos ejecutados por un grupo empresarial peruano, para lo cual se procedió a construir una interfaz visual de predicción de éxito que acepte valores de los indicadores de los factores de riesgo del proyecto como datos de entrada para predecir la métrica de éxito que en el modelo es el índice de cumplimiento (IC), usando para tal fin las redes neuronales artificiales como herramienta de análisis, logrando generar un proceso inteligente y predictivo.

8. Fuentes bibliográficas

Apaza Mario (2003). *Balanced Scorecard Gerencia estratégica y de valor*. Instituto de Investigaciones del Pacífico. Pacífico Editores, pp 281-404.

Aréchiga Hugo (2000). "Conceptos homeostasis". Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades. Universidad Autónoma de Mexico, Fondo Editorial.

AS/NZS 4360:2004 Junta de estándares de Australia y Nueva Zelanda (1999). "Estándar Australiano/Neozelandés AS/NZ 4360:1999 sobre administración de riesgos como una revisión de AS/NZ 4360:1995". [En línea] <<http://www.standards.org.au>>. [Consulta: 31 de marzo del 2010.]

Basili Victor; Caldiera Gianluigi y Rombach H. Dieter (1994). "The Goal Question Metric Approach". Institute for Advance Computer Studies. Department of Computer Science. University of Maryland. College Park Maryland.

Cantone Giovanni; Salvatore Alessandro Sarciá y Victor Basili (2007) "A Statistical Neural Network for Risk Management Process". Departamento de Ciencias de la Computación de la Universidad de Maryland.

Cruz Lezama, Osaín (2007). "Componentes de un proyecto de inversión". [En línea] <<http://www.cadperu.com>>. [Consulta: 15 de Julio del 2010.]

Del Carpio Gallegos, Javier y Roberto Eyzaguirre Tejada (Junio del 2007). "Análisis de riesgo en la evaluación de alternativas de inversión utilizando Crystal Ball. *Ind. data.*" ISSN 1810-9993. Vol. 10, núm. 1, p.55-58.
<[http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-9932007000100009 & lng = es&nrm=iso](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-9932007000100009&lng=es&nrm=iso)>. [Consulta: 20 Octubre 2011.]

Galarce, Trujillo Yorka; Pomier, Rivera Maria y Carolina Pastén Arce. (2006). Seminario Profesional para optar al Título Profesional: Contador Público – Contador Auditor". Universidad Arturo Prat. Departamento de Auditoría y Sistema de Información. Sede Arica.

Smith, J.C.(1990) "A Neural Network -- Could It Work for You?" *Financial Executive*, Vol. 6, No. 3, May/June 1990, pp. 26-30.

Isasi Viñuela, Pedro y Ines Galván León (2004),“ Redes Neuronales Artificiales. Un Enfoque Práctico”. Pearson education S.A. Madrid.

Berardinis, L.A. (1992). "Untangling the Mystery of Neural Networks," *Machine Design*, Vol. 65, No. 13, June 25, 1992, pp. 55-59.

Hopfield, J.J. (1982). "Neural Networks and Physical Systems with Emergent Collective Computational Abilities," *Proceedings of the National Academy of Science*, Vol. 79, 1982, pp. 2554-2558.

Michie, D ., Spiegelhalter, D.J. y C.C. Taylor (1994). Machine learning, neural and statistical classification. Londres: Ellis Horwood.

Rumelhart, D.E., Hinton, G.E. y R.J. Williams (1986) “Learning Internal Representations by error Propagation”, en Rumelhart, D.E., McClelland, J.L. and the PDP Research Group (1986) *Parallel Distributed Processing: Explorations in the Microstructure of Cognition*, Vol. 1, MIT Press.

Salgueiro, Amado (2001). Indicadores de gestión y cuadro de mando. Ediciones Diaz Santos S.A, Juan Bravo, 3-A, 28006. Madrid. España, pp 1-25.

Solis, Reiner (2012) “Redes Neuronales para la optimización del riesgo empresarial en las empresas del sector construcción”. Memorias de la XLVII Asamblea Anual CLADEA 2012. <http://cladea.org/proceedings2012/visor/view/resumen.php?id=1&id0=17&id1=2>. [Consulta: 01 de octubre del 2013.]

Koprinarov, Bratoy (2005). “El riesgo empresarial y su gestión”. [En línea] <<http://www.analitica.com/va/economia/opinion/5753437.asp>>. [Consulta: 31 de marzo del 2010.]

Cano, Pons Carlos; Valero Herrera y Maheut Julien (2013). Toma de decisiones en la empresa proceso y clasificación. Universidad Politécnica de Valencia. <<http://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/16502/TomaDecisiones.pdf?sequence=1>>.

[Consulta: 05 de octubre del 2013.]

Claver, E.; Llopis, J.; , M.; Molina, H. (2000). “Manual de administración de empresas”, 4ª edición, Civitas, Madrid.

Cyert, R.M.; March, J.G. (1965). Teoría de las decisiones económicas de la empresa. Herrero Hermanos, México, 1965.

Davis, D (2000). Investigación en administración para la toma de decisiones.Thomson, México.

Dixon, J.R. (1970). Diseño en ingeniería: inventiva, análisis y toma de decisiones. Limusa-Wiley, México.

González Ramírez, M.R.(2001). Sistemas de información para la empresa. Publicaciones de la Universidad de Alicante.

Greenwood, W. (1978). Teoría de decisiones y sistemas de información”, Trillas, México.

Herrera, F.; Herrera-Viedma, E.; Verdegay, J.L. (1996). Direct approach processes in group decision making using linguistic OWA operators”, Fuzzy Sets and Systems, 79, págs. 175-190.

Huber, G.P. (1984). Toma de decisiones en la gerencia, Trillas, México, 1984.

Keen, P.G.W. Scoot Morton, M.S. (1978). Decision Support Systems: Organizational perspective, Addison Wesley.

Menguzzato, M.; Renau, J.J.(1995). La dirección estratégica de la empresa. Un enfoque innovador del management, Ariel, Barcelona.

Moody, P.E.: “Toma de decisiones gerenciales (1991), Mc Graw Hill Latinoamericana, Bogotá.

Serra, D.: “Métodos cuantitativos para la toma de decisiones”, Gestión 2000, Madrid, 2004.

Simon, H.A. (1980). El comportamiento administrativo. Estudio de los procesos decisorios en la organización administrativa, Aguilar, Madrid, 1980.

Simon, H.A. (1977). The new science of management decision”, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.

Zimmermann, H.J (1991). Fuzzy sets theory and its application”, Kluwer Academic Publishers, Boston.

}